Aus der Chirurgischen Klinik der Universität Bonn.
Direktor: Prof. Dr. Freiherr E. v. Redwitz.

Über

Beobachtungs- und Registrierungsmöglichkeiten der Bewegungen innerer Organe.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn.

Vorgelegt am 18. Februar 1936

von

Wilhelm Scherer, Arzt

aus Sinzig a. Rh.

Bonn 1936 / Buchdruckerei H. Trapp, Stiftsgasse 11.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Janker.

Korreferent: Prof. Dr. Freiherr v. Redwitz.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Seit alters her interessierte die Ärzte und Naturwissenschaftler nicht nur der Aufbau des menschlichen und tierischen Körpers, sondern auch in nicht minder großem Maße die Funktion der einzelnen Organe. Schon Ärzte der Antike versuchten, sich Kenntnisse über die Organbewegungen zu verschaffen. Zu diesem Zwecke nahmen sie Vivisektionen an Tieren vor. So verfaßte ein Schüler des Hippokrates (um 460—377 v. Chr.) eine Schrift „Über das Herz". Herophilos (um 300—250 v. Chr.), Erasistratos (um 300—250 v. Chr.), Asklepiades von Prusa (um 128—56 v. Chr.) und Galenos (129—201 n. Chr.), bedeutende Ärzte der Antike, machten an vivisezierten Tieren ihre Studien über Organbewegungen, hauptsächlich des Herzens. Auch Galenos schrieb über Vivisektionen. Herophilos erwirkte vom Könige Ptolemaios von Ägypten die Erlaubnis, an einem zum Tode verurteilten Schwerverbrecher eine Vivisektion auszuführen. Er wies darauf hin, daß durch die Beobachtung der Bewegungen lebender menschlicher Organe die Wissenschaft wesentlich bereichert werde. Auch Erasistratos übte wenig später an Verbrechern die Vivisektion aus (Görlitz[16]). Durch den Einfluß des Christentums nahm man in der Folgezeit von diesen grausamen Eingriffen Abstand. Erst nach den bedeutenden Fortschritten in neuerer Zeit, die die Einführung der Narkose, der Asepsis und des Röntgenverfahrens mit sich brachte, konnten die Beobachtungs- und Registrierungsmöglichkeiten der Bewegungen innerer Organe vervollkommnet und neue hinzu gefunden werden.

Viele derartige Methoden werden in der Physiologie angewandt.

Die Herztätigkeit wurde in zahlreichen wissenschaftlichen Versuchen beobachtet und registriert. Beim Frosch ist sie bis zu einem gewissen Grade bei Rückenlage des unverletzten Tieres zu sehen. Vor allem lassen die Bewegungen der Lichtreflexe auf der Haut die Herzpulsationen und ihre Schnelligkeit deutlich erkennen. Vorzüglich kann man die Bewegungen des Froschherzens

nach Eröffnung des Brustraumes und Herzbeutels beobachten. Hierbei wird das Tier vorher narkotisiert oder dadurch unempfindlich gemacht, daß man nach Abtragen des Oberkiefers mit dem Großhirn das Rückenmark im Rückenmarkskanal mit einer langen Nadel zerstört. An verschiedenen Stellen des freiliegenden Froschherzens, so z. B. an der Herzspitze, werden Häkchen angebracht, die mittels eines feinen Fadens mit einem Schreibhebel verbunden werden, der auf einer berußten rotierenden Trommel die Herzbewegungen in Kurvenform registriert. Dadurch, daß man mehrere Häkchen gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Herzens, z. B. an Vorhof und Kammer, anbringt, kann man diese Bewegungen auch gleichzeitig registrieren. Nach Abbinden und Durchtrennen der großen Gefäße läßt sich das Froschherz aus der Brusthöhle herausnehmen. Das Organ muß gegen Austrocknen geschützt werden. Entweder träufelt man physiologische Kochsalz- oder Ringer-Lösung auf, oder bringt es in ein Gefäß mit einer dieser Lösungen, oder legt es zumindest in eine feuchte Kammer. Am isolierten Herzen, das infolge Selbsterregbarkeit, Automatie genannt, weiterschlägt, lassen sich die Bewegungsvorgänge gut beobachten. Zuerst erkennt man eine Vorhofskontraktion, dann hieran unmittelbar anschließend die Kammerkontraktion; nach diesen zusammenziehenden Bewegungen erschlafft das Herz wieder. Der das Herz umgebenden oder aufgeträufelten isotonischen Lösung können die Herztätigkeit beschleunigende oder verlangsamende Gifte beigemischt und deren Einfluß auf das Herz beobachtet werden. Zu diesem Zweck werden eins oder mehrere Häkchen am Herz, das fixiert werden muß, angebracht und mit einer Registriervorrichtung verbunden, auf welcher die entsprechenden Kurven verzeichnet werden. Eine für diese Versuche gut geeignete Registriermethode ist die der Luftübertragung zwischen zwei Marey'schen Kapseln. Von der Mitte der Membran der ersten Marey-Kapsel führt ein kurzer feiner Faden zum Häkchen am Herzen; die beiden Marey'schen Kapseln werden mit einem Gummischlauch untereinander und die Membran der zweiten Marey-Kapsel mit dem Schreibhebel, der auf einer rotierenden berußten Trommel die Bewegungen aufzeichnet, verbunden. Eine derartige Methode nennt man „Kardiographie", und den Apparat zum Aufzeichnen der Kurven „Kymograph". Schließ-

lich besteht bei diesen Versuchen mit dem Froschherzen noch die Möglichkeit, Elektroden zur Ableitung von elektrischen Strömen, die bei der Herztätigkeit entstehen, oder zum Zuführen elektrischer Reize anzubringen (Mangold[1]).

Während unter den angeführten Bedingungen das Froschherz längere Zeit in Tätigkeit bleibt, müssen bei Warmblüterherzen besondere Maßnahmen getroffen werden, um das gleiche Ziel zu erreichen. Da das Froschherz dünnwandig ist, kann genügender Stoffaustausch an allen Teilen des Herzens stattfinden. Bei dickwandigen Herzen der Warmblüter ist dies nicht der Fall, und es besteht bei diesen ein besonderes Gefäßsystem zur Ernährung der Herzmuskulatur, der Coronarkreislauf. Dünnwandige Herzen von Säugetierfoeten, z. B. von Hunden und Kaninchen, sind bei der gleichen Versuchsanordnung wie beim Froschherzen bis 2 Stunden in Tätigkeit zu halten (Heinricius[2]). Um dagegen Herzen von ausgewachsenen Warmblütern längere Zeit schlagend zu erhalten, muß ihnen die Möglichkeit eines weitgehend der Natur angeglichenen Stoffaustausches gegeben werden (Winterstein[3]). Eine vorzügliche Methode hierfür hat Langendorff[4]) angegeben. In die Aorta ascendens, die bei der Herausnahme des Herzens in ausreichender Länge belassen wird, wird eine Glaskanüle so eingebunden, daß das untere Ende bis gerade oberhalb der Aortenklappe reicht. Durch diese Kanüle läßt man unter mäßigem Druck eine geeignete Flüssigkeit, z. B. defibriniertes Blut, einströmen. Hierdurch schließen sich zunächst die Aortenklappen, dann muß diese Flüssigkeit durch die gerade oberhalb der Aortenklappen beginnenden Coronararterien in den Coronarkreislauf einströmen; sie fließt durch die Herzvenen in den rechten Vorhof ab und von diesem nach außen, da die Herzhöhlen ständig leer bleiben können. Als ernährende Flüssigkeiten wird defibriniertes Blut, Ringer- oder Tyrodelösung — beide letzteren sind Salzlösungen, die der Menge und der Zusammensetzung der Salze des Blutes weitgehend entsprechen — benutzt, in die Lösung Sauerstoff eingeleitet und entsprechend der Körpertemperatur des Tieres erwärmt. Mit dieser von Langendorff angegebenen Methode kann man die Bewegungen des Herzens gut beobachten, in entsprechender Art wie beim Froschherzen registrieren und durch bestimmte der Nährflüssigkeit zugesetzte

Gifte, wie z. B. Atropin und Muskarin, die Herztätigkeit beschleunigen oder verlangsamen. Eine weitere Möglichkeit, die Herztätigkeit bei Warmblütern in Gang zu halten, besteht in der Herstellung eines künstlichen Kreislaufes, der den Verhältnissen des natürlichen entspricht Mangold[1]), Winterstein[3]). Jedoch ist diese Versuchsanordnung ziemlich schwer durchzuführen.

Die Langendorff'sche Versuchsanordnung hat sich auch beim menschlichen Herzen bewährt. Als erster konnte Deneke[5]) im Februar 1905 am Herzen einer hingerichteten Deliquentin einen derartigen Versuch mit einem besonders groß konstruierten Langendorff'schen Apparat ausführen. Es wurden 1½ Liter Blut gewonnen, das nach Defibrinierung und Verdünnung mit der gleichen Menge Ringerlösung unter Sauerstoffdruck in die Aorta ascendens eingeleitet wurde. 20 Minuten nach der Exekution begann das Herz zu schlagen, die Schlagfrequenz nahm bei langsamer Erwärmung der Flüssigkeit zu und erreichte bei einer Temperatur von 38° C eine Frequenz von 83 in der Minute. Die Bewegungen dieses menschlichen Herzens wurden durch Luftübertragung auf einem Kymographion registriert. Nach 3 Stunden wurde das Herz starr.

Ziemlich schwer ausführbar ist eine Methode Franks[7]) zur Registrierung der Herzbewegungen. Es werden auf das Herz kleine Quecksilberkügelchen gebracht, beim Frosch direkt auf das Herz, bei Warmblütern durch Anheften der Quecksilberkügelchen, die mit einer Glashülle versehen sind, an der Herzoberfläche. Auf das Herz geworfenes Licht wird durch diese Kügelchen reflektiert und auf einem Filmstreifen, der sich hinter einem Schlitz bewegt, in Kurvenform registriert. Frank konstruierte entsprechend dieser Methode einen Apparat, den „Hodographen".

Die Pulsation des Herzens an der Thoraxwand ist beim Menschen und vielen Warmblütern deutlich zu tasten und bisweilen auch zu sehen. Bekannt ist beim Menschen der Herzspitzenstoß, der durch besondere, von Ludwig beschriebene normale Formveränderungen in der Systole erfolgt und normalerweise im 6. Interkostalraum links wenig (ungefähr 1—2 Querfinger) medial der Medioclavicularlinie zu tasten ist. An ihm ist leicht die Frequenz der Herzaktionen festzustellen. Zur Registrierung des Herzspitzen-

stoßes verwendet man vorteilhaft eine Marey'sche Kapsel, deren Membran in der Mitte eine Pelotte trägt, und setzt sie mittels eines Dreifußes oder eines Trichters, an dem sie befestigt ist, so auf, daß die Pelotte die am meisten pulsierende Stelle berührt. Die Registrierung erfolgt am besten bei angehaltenem Atem, da sonst die Kurven durch Atembewegungen beeinflußt werden. Die Marey-sche Kapsel zur Aufnahme der Bewegungen, auch „Geberkapsel" genannt, wird auf die übliche Art mit einer zweiten Marey-schen Kapsel, die mit der Schreibvorrichtung versehen ist, verbunden (Straub[6]). Derartige Kurven geben ein ungenaues Bild von der Intensität der Herztätigkeit, da zwischen der Herzspitze und der Thoraxwand eine wenn auch dünne lufthaltige Lungenschicht liegt, die dämpfend einwirkt; weil die Alveolen dieses Lungenabschnittes durch die Bronchien mit der Außenluft in direkter Verbindung stehen, kann bei der Kompression der herznahen Lungenteile infolge der Herzaktion ein Teil der Luft unmittelbar nach außen entweichen.

Den ausdehnenden und zusammenziehenden Einfluß der Herztätigkeit auf die Lungen kann man sich zur Registrierung der Herzaktionen zunutze machen. Dazu verbindet man ein im Nasen-Rachenraum befindliches Rohr mit einer mit Schreibhebel versehenen Marey'schen Kapsel bei angehaltenem Atem. Man erhält so eine „kardiopneumatische Kurve" (Landois[8]).

Ebenso wie die Bewegungen der Skelettmuskelatur des menschlichen und tierischen Körpers sind auch die Bewegungen des Herzmuskels mit elektrischen Vorgängen verbunden. Da die bei der Herztätigkeit entstehenden Ströme nur von ganz geringer Intensität sind, bedarf es zu deren Registrierung sehr empfindlicher Geräte. Am besten eignet sich das Einthoven'sche[9]) Saitengalvanometer. Zwischen den beiden Polen eines starken Elektromagneten — bei einfacheren Apparaten auch eines Feldmagneten — befindet sich eine feine Metallsaite, durch die der vom Herzen abgeleitete Strom geschickt wird; dabei weicht die Saite aus ihrer Lage je nach Stärke des Stromes mehr oder weniger seitlich ab. Diese Bewegungen werden in Kurvenform durch Projektion mittels Lichtquelle auf einem Filmstreifen, der sich hinter einem Schlitz bewegt, unter gleichzeitiger Zeitschreibung aufgezeichnet. Die Ab-

leitung kann mit Elektroden direkt am freigelegten oder isolierten Herzen erfolgen; man bezeichnet die so erhaltene Kurve dann als „Elektrogramm“ (Samojloff[10]).

Beim Menschen und auch bei Säugetieren leitet man die Aktionsströme des Herzens an den Extremitäten ab. Da beim Menschen das Herz schräg im Brustraum liegt — seine Achse geht von hinten oben rechts nach vorne unten links —, gehen die Aktionsströme der Herzbasis mehr auf die rechte, die der Herzspitze mehr auf die linke Körperhälfte über. Beim Menschen haben sich drei Arten der Ableitung bewährt: I. Ableitung von der linken und rechten Hand, II. Ableitung von der rechten Hand und dem linken Fuß, III. Ableitung von der linken Hand und dem linken Fuß. Die II. Ableitung liefert die größten Ausschläge auf der Kurve, die bei diesen Ableitungsarten Elektrokardiogramm (Samojloff[10]) genannt wird, bei der III. Ableitung sind die Ausschläge am kleinsten. Dieses Verfahren hat sich sehr bewährt und wird mit großem Erfolg zur Diagnostik der Herzerkrankungen verwandt (Weber[11]), Boruttau[12]).

Außer den angeführten Möglichkeiten, Bewegungen des Herzens zu beobachten und zu registrieren, gibt es noch vorzügliche andere, wie die Röntgendurchleuchtung, die Kymographie und die Röntgenkinematographie, die sich ebenfalls gut zur Beobachtung und Darstellung der Lungen- bzw. Atembewegungen eignen und die erst später beschrieben werden sollen.

Aber es gibt auch andere, weniger gute Methoden zur Registrierung der Atembewegungen. Die Lungen selbst können keine Bewegungen ausführen. Sie enthalten zwar in reichlicher Menge elastische Fasern, die jedoch nur passiv zur Kontraktion der Lungen beitragen. Die Atem- bzw. Lungenbewegungen werden durch die Thoraxmuskeln, das Zwerchfell und die Bauchdeckenmuskulatur ausgeführt. Die Lunge dehnt sich dabei aus und zieht sich zusammen, indem sich ihre glatte, mit ganz flachen Epithelzellen bedeckte Oberfläche (Pleura visceralis) an eine ebenso beschaffene an der Thoraxinnenwand (Pleura costalis) und am Zwerchfell (Pleura diaphragmatica) anlegt unter Bildung eines ideal dünnen, mit wenig Flüssigkeit angefüllten Spaltraumes. Dieser ermöglicht bei Ausdehnung und Kollabierung der Lungen ein reibungsloses Vorbeigleiten

an der Brustwand. Daß man die Atembewegungen beim Menschen und bei Tieren leicht beobachten kann, bedarf wohl keiner Erwähnung. Aufzeichnen kann man diese Bewegungen schon dadurch, daß man einen Schreibhebel am Thorax angelegt, dessen verlängerter Arm die Atembewegungen auf einer rotierenden berußten Trommel registriert. Besser verwendet man die Luftübertragung; hierbei wird als Aufnahmekapsel eine solche mit doppelter Gummimembran, zwischen deren beiden Blättern Luft eingefüllt wird, benutzt. Sie wird durch einen Gurt am Thorax befestigt und durch einen Schlauch mit einer Marey'schen Kapsel, die mit einer Schreibvorrichtung versehen ist, verbunden (Landois-Rosemann[13]). Weiterhin kann man die Atemluft in einen Kasten, der durch Wasser abgesperrt und mit einem Gegengewicht versehen ist, leiten und die Volumenzu- und -abnahme in diesem Kasten registrieren. Nach diesem Prinzip ist der „Pneumopletysmograph" gebaut (Cad[14]).

Bei der Punktion in den Pleuraraum, wie sie z. B. beim Anlegen des therapeutischen Pneumothorax üblich ist, findet sich, wenn man die Punktionsnadel mit einem Manometer verbindet, ein Unterdruck, dessen Werte jedoch mit jedem Atemzuge schwanken. Diese Druckschwankungen lassen sich registrieren, u. a. dadurch, daß man an einem U-förmigen Manometer (mit Quecksilber gefüllt) in dem einen Schenkel einen Schwimmer mit einer Schreibvorrichtung verbindet, oder daß man durch das Manometer mittels Luftübertragung die Bewegungen auf einen Schreibhebel überträgt (Rohrer[15]). Man erhält so eine „Pleuradruckkurve". Da durch die Zwerchfellbewegung bei der Atmung der Abdominaldruck schwankt, könnte man auch diesen auf entsprechende Art in Kurvenform registrieren.

Alle diese Methoden zur Registrierung der Atembewegungen werden mit Ausnahme der zur Erzielung der Pleuradruckkurve, die bei der Behandlung der Lungentuberkulose durch den Pneumothorax praktisch von Bedeutung ist, lediglich zu wissenschaftlichen Unternehmungen benutzt.

Das Gleiche gilt für die entsprechenden Registriermethoden der Magen- und Darmbewegungen. Bei Kaninchen kann man Magenbewegungen, besonders peristaltische des Pylorusteils,

schon durch die rasierte Bauchdecke beobachten und sogar mittels einer Marey'schen Kapsel durch Luftübertragung durch eine mit Schreibhebel verbundene zweite auf einer rotierenden berußten Trommel aufschreiben (Auer[18]), Pal[19])). Manchmal konnte der Chirurg bei Operationen zufälligerweise wertvolle Beobachtungen über Bewegungen innerer Organe machen (v. Redwitz[17])). Daher hatten viele Forscher, so auch Katsch[30]), Reaumur und Spallanzani[21]) versucht, durch Laparotomie die Bewegungen des Magens und Darmes sichtbar zu machen. Vermutlich durch den bei der Laparotomie auf das Peritoneum einwirkenden Reiz tritt reflektorisch fast immer ein Stillstand der Magen- und Darmbewegungen ein. Daher versuchte man, durch dauerndes Berieseln der Därme mit 38° warmer Ringerlösung die Darmtätigkeit in Gang zu bringen. Meist ist bereits die Wirkung des Operationsschocks so groß, daß höchstens Pendelbewegungen des Dünndarms auftreten (Katsch[20])). Beim sogenannten „Badverfahren" ist gewöhnlich auch nur das Pendeln des Dünndarms deutlich zu erkennen, während man selten an irgendeinem Darmabschnitt eine Peristaltik sieht. Das Prinzip dieser Methode, die zuerst von van Braam-Houckgeest[22]) beschrieben, später von Jakoby[23], Magnus[24]) und von Cyon[25]) modifiziert wurde, besteht darin, daß man nach Rasieren des Kaninchenbauches diesen vom Schwertfortsatz bis zur Schambeinfuge bis auf das Peritoneum aufschneidet und nach Blutstillung in ein Bad einer Ringer- oder Tyrode-Lösung von 35—38° C. bringt. Nach Eröffnen des Peritoneums sollen die Darmschlingen unterhalb des Flüssigkeitsspiegels bleiben. Bei diesem Verfahren ist eine graphische Registrierung an einzelnen Darmabschnitten möglich.

Diese Methoden veranschaulichen die Bewegungen des Magens und Darms nicht in ihrer natürlichen Art, da sie durch äußere Einwirkungen, wie Narkose, Operationsschock oder Reizung des Peritoneums, beeinflußt, zum größten Teil gehemmt oder aufgehoben werden. Dagegen kann man sich mit Hilfe des Röntgenverfahrens und des Kontrastbreies vorzüglich ein Bild von den Magen-Darm-Bewegungen machen, eine Methode, die später erwähnt wird; es ist hierbei aber nicht möglich, die Veränderung an der Magen- und Darmoberfläche, z. B. Durchblutungsverhältnisse, zu studieren. Da-

her bestand der Wunsch, die Magen-Darm-Bewegungen einer direkten Betrachtung zugänglich zu machen.

Schon 1872 beschrieb van Braam-Houckgeest[22]) von ihm durchgeführte vergebliche Versuche, ein Glasfenster in die Bauchdecke eines Tieres einheilen zu lassen. Jedoch gelang es erst Katsch und Borchers[26]), wie aus ihrer Veröffentlichung des Jahres 1913 hervorgeht, durch ein Celluloidfenster die Darmbewegungen unter physiologischen Bedingungen am lebenden Tier sichtbar zu machen. Für diese Versuche eigneten sich am besten Tiere mit möglichst „trockener" Haut, unter der man eine wenig vaskularisierte und wenig sezernierende Haut versteht. Diese Vorbedingung ist am meisten bei Kaninchen erfüllt. Zudem sind diese Tiere verhältnismäßig duldsam, wenig schmerzempfindlich und gebrauchen zur Defäkation kaum die Bauchpresse. Diese Umstände begünstigen eine gute Einheilung des Celluloidfensters in die Bauchdecken. Kaninchen werden mit dem Bauchfenster gewöhnlich monatelang am Leben gehalten, Katzen, bei denen auch Bauchfenster angelegt wurden, dagegen meist nur 1—2 Wochen, da infolge ihrer Unruhe oft eine Naht der Bauchwunde nicht hält, oder die verheilte Wunde am Bauchfenster aufplatzt und so eine Infektion, die zum Tode führt, eintritt.

Die Operation wird so ausgeführt, daß nach Rasieren der Bauchdecke unter aseptischen Kautelen wie bei den Operationen am Menschen, eine in Sublimatlösung sterilisierte, rechteckige Celluloidtafel mit abgerundeten Ecken in einen entsprechenden Defekt der Bauchdecke eingesetzt wird. Da sich die Bauchwandungen sehr stark zusammenzuziehen pflegen, und dadurch der Defekt sich vergrößert, muß er etwa halb so groß wie die Celluloidtafel angelegt werden. Die Ränder der Celluloidtafel kommen zwischen Muskelschicht und Haut zu liegen und werden mit fortlaufender Seidennaht an der Muskulatur fixiert. Die Haut, die zu Anfang an den Ecken gespalten wurde, wird, soweit die Muskelschicht reicht, über das Celluloidfenster gelegt und die Einschnitte an den Ecken vernäht. Der ganze Eingriff wird in tiefer Narkose (Äther) vorgenommen. Auf einem schrägstehenden gepolsterten Tisch, der Kopf des Tieres nach oben gelagert, wird die Operation durchgeführt, und so bleibt das Versuchstier auch weiterhin liegen. Die Extremi-

täten werden, um eine ruhige Lagerung zu erzielen, mit Heftpflasterextensionsverbänden fixiert. Wie histologische Untersuchungen zeigten, heilen Celluloidtafeln ohne Zeichen entzündlicher Erscheinungen in der Bauchdecke ein (Katsch[20])).

Die Darmbewegungen werden so unter physiologischen Verhältnissen — der Operationsschock ist gewöhnlich nach 4—5 Tagen überwunden — beobachtet. Man erkennt die Peristaltik und Pendelbewegungen des Dünndarms, die Peristaltik, Pendelbewegungen und Antiperistaltik des Dickdarms und den Wechsel der Durchblutung der Darmwand (Katsch[20]). Ein Japaner, Hukuhara, kinematographierte durch ein derartiges Celluloidfenster die Darmbewegungen (v. Redwitz[17]). Es besteht die Möglichkeit, die Änderung der Darmbewegung unter Einwirkung verschiedener Pharmaka zu beobachten (Katsch[20])).

Um die Bewegungen des Magens gut betrachten zu können, legte Borchers[27]) bei Katzen das Bauchfenster so an, daß es bis zum Processus xiphoideus reicht, wobei unter Umständen Teile des Rippenbogens entfernt werden. Er lagerte bei diesem Eingriff nach stumpfem Durchtrennen des kleinen Netzes unter Schonung der großen Gefäße den Magen vor die Leber; darauf vernähte er das kleine Netz wieder, um den Magen in seiner neuen Lage zu fixieren. Der Magen ist nun gut durch das Celluloidfenster bei normalen Verhältnissen und pharmakologischen Versuchen zu beobachten.

Henderson[28]) veröffentlichte Versuche (1909), ein Celluloidfenster bei Hunden anzulegen. Katsch[20]) gibt an, auch bei Affen die Methode nach Katsch und Borchers durchgeführt zu haben.

Diese Versuche von Katsch und Borchers, die sich bei einwandfreier Technik gut durchführen lassen, sind von vielen Wissenschaftlern wiederholt worden und haben in der Physiologie große Bedeutung erlangt, da durch sie das Wissen um die Vorgänge der Magen-Darm-Bewegungen wesentlich bereichert worden ist.

Von wissenschaftlicher Bedeutung ist weiterhin die „Ballonsondenmethode". Das Prinzip besteht darin, daß eine Hohlsonde, die am unteren Ende eine Gummiblase trägt, in den Magen eines Tieres eingeführt wird. Die Gummiblase wird unter einen gewissen Druck gesetzt und die Sonde entweder mit oder ohne Benutzung

eines Manometers an eine Registriervorrichtung für Luftübertragung angeschlossen. Durch den aufgeblähten Ballon wird ein Reiz auf die Magenwand ausgeübt und Magenkontraktionen ausgelöst. Diese verursachen Druckschwankungen, die in Kurvenform registriert werden. Als Versuchstiere wurden vielfach Kaninchen und Hunde genommen. Die ältesten Untersucher führten die Ballonsonde durch eine Duodenal- oder Magenfistel ein, die bei Tieren zum Versuchszwecke angelegt wurde. Eine Duodenalfistel wählten Dobbert[31]) (1886) und v. Openchowski[30]) (1889) zum Einbringen der Ballonsonde in den Magen. Die Magenfistel legte Ducceschi[32]) (1897) bei dem Versuche an, da er glaubte, dadurch besser die Lage des Ballons im Magen kontrollieren zu können. Er benutzte eine Urethralsonde von 8 mm Durchmesser, die am Ende einen Ballon von 5 cm Durchmesser trug; ferner wurde ein Glaszylinder angeschlossen, durch diesen der Ballon mit Wasser gefüllt und der Druck geregelt, die Druckschwankungen auf eine Mareysche Registrierkapsel übertragen. Um die Ballonsonde besser durch eine Magen- oder Duodenalfistel in den Magen einlegen zu können, schoben Kirschner und Mangold[34]) in den Sondenkanal zur Straffung eine Fischbeinsonde, die am vorderen Ende mit einem Knopf versehen war. Sie benutzten als Ballonsonde einen Schlauch, an dessen unteres Ende ein birnförmiger Gummiballon von 4 cm Länge und 1,5—2,3 cm Durchmesser angeschlossen war. Die Ballonsonde wurde in ihrer Lage entweder durch eine Papiermarke kontrolliert oder an der äußeren Bauchwand befestigt. Moritz[37]) brachte am unteren Ende einer Magensonde eine sogenannte „Schreiblase" an, wie sie als Kinderspielzeug im Handel ist, und befestigte am oberen Ende ein T-Rohr, mit dem die Registriervorrichtung und ein Manometer, sowie ein Gebläse zum Erzeugen des Innendruckes des Systems in Verbindung steht. Boldireff[33]) verband die Magenhöhle durch eine Hohlsonde direkt, also ohne Ballon, mit einem Manometer. Diese Versuchsanordnung liefert ungenaue Resultate und hat sich nicht bewährt (Mangold und Schilf[45])). Page May[35]) und Elliot[38]) gaben eine besondere Methode an. Sie legten bei Tieren (Hunden, Katzen, Kaninchen und Affen) durch Laparotomie den Magen in einem Bade mit physiologischer Kochsalzlösung frei und führten vom Oesophagus und

Duodenum aus je einen (P a g e M a y) oder nur vom Duodenum aus einen Registrierballon (E l l i o t) in den Magen ein.

Die operative Anlegung einer Magenfistel beim Menschen ist bei einigen Erkrankungen, so bei Geschwülsten, Verbrennungen und Verätzungen der Speiseröhre, als therapeutische Maßnahme indiziert. Durch solche Magenfisteln bei Operierten führte v o n P f u n g e n [38]) (1887) die Ballonsonde ein. Er benutzte dazu einen Gummikatheter, an dessen unterem Ende sich eine Gummiblase befand, und verband ihn mit einem Sphygmomanometer (nach v o n B a s c h). Diese Methode wurde von C a r l s o n [39]) ausgebaut. Dieser befestigte am unteren Hohlsondenende einen Ballon von dünnstem Condomgummi, der eine Kapazität von 75—150 ccm hatte und stellte einen Luftdruck von 3—6 cm an einem Wasser- oder Bromoformmanometer ein. Von vielen Tierversuchen, besonders an Hunden (C a r l s o n [39])), wußte man, daß eine Magenfistel nicht störend auf die Magenfunktion wirkt. Daher sind die Versuche nach C a r l s o n geeignet, eine Anschauung über die Intensität und Frequenz der Magenbewegungen des Menschen zu gewinnen.

Bei vielen Untersuchungen an Hunden führte C a r l s o n [39]) eine Magensonde mit Gummiballon am unteren Ende durch den Oesophagus ein. Er fand, daß auf diese Weise die Magenbewegungen sich ebenfalls gut registrieren lassen. Daraufhin untersuchte er auf die gleiche Art die Bewegungen des menschlichen Magens. Zu diesem Zwecke ließ C a r l s o n die Versuchsperson einen Magenschlauch von 3—5 mm Durchmesser mit feiner Condomgummiblase am unteren Ende schlucken und konnte stundenlang registrieren. Hierbei bestand keine unangenehme Reizung; nur von ganz wenigen Personen mußten erst Würgen und Speichelfluß überwunden werden. Man legt die Magensonde im Munde am besten an den Mundwinkel, dann zwischen Kiefer und Wange und schließlich am letzten unteren Molarzahn vorbei. Die Untersuchungen wurden von C a r l s o n bei leerem Magen ausgeführt. Die Kurven, die durch die Magenbewegungen aufgezeichnet wurden, waren also im wesentlichen Kurven der „Hungerkontraktionen".

In der Folgezeit machte D a n i e l p o p o l u [43]) (1921) eingehende Studien der menschlichen Magenbewegungen mit dieser

Versuchsanordnung Carlsons und bezeichnete sie „viscerographische Methode“ (1930).

Die Japaner Onodera, Kanegae, Matufuzi und Hasi[30]) untersuchten nach dieser Methode, die sie „gastrographische Methode“ nannten, in den Jahren 1924 bis 1930 bei 1600 Menschen, teils gesunden, teils an Magengeschwür, Magenkrebs oder Gallenblasenentzündung erkrankten, die Magenbewegungen. Hierzu benutzten sie eine Duodenalsonde von 3 mm Durchmesser mit einem birnförmigen Condom von 6 cm Länge, 2 cm Breite und 2,5 mm Dicke, der so elastisch war, daß er nach Einblasen von 250 ccm Luft nicht platzte. Innerhalb des Condoms wurde eine erbsengroße Bleikugel mittels Fadens am unteren Sondenende befestigt. Durch diese wird das Herunterschlucken der Sonde und die Erkennung der Lage des unteren Sondenendes im Magen bei der Durchleuchtung (zur Feststellung der Sondenlage) erleichtert. Der Condom bzw. das Sondenende soll im Corpusteil liegen. Durch ein doppeltes T-Stück wird an die Duodenalsonde ein Luftgebläse, ein Wassermanometer und eine Mareysche Kapsel mit Schreibhebel angeschlossen, der die Bewegungen in Kurvenform auf eine sich um 1 cm in der Minute drehende, berußte Trommel aufzeichnet. Die Untersuchungen wurden nur am nüchternen Magen gemacht. Da bisweilen bei Erkrankungen Speisereste zurückbleiben, wird der Magen zuerst immer ausgehebert. Der so gewonnene Magensaft wird chemisch und histologisch untersucht. Sobald der Condom einen bestimmten Druck, etwa 20 cm Wasserhöhe, erreicht hat, beginnen die Magenkontraktionen (Hungerkontraktionen Carlsons). Führt man auch nur wenig Nahrung zu, werden die Kontraktionen geringer und mit Eintreten des Hungergefühls sind sie wieder in ihrer vollen Stärke zu erkennen. Während der Untersuchungen, die liegend ausgeführt werden, kann der Patient schlafen; der Schlaf übt fast keinen Einfluß auf die Magenbewegungen aus. Die Dauer der Registrierung soll wenigstens eine Stunde betragen.

Auf Grund der 1600 aufgenommenen Gastrogramme fanden Onodera, Kanegae, Matafuzi und Hasi, daß es bei Gesunden, Magenkrebs- und -geschwürskranken, sowie bei Kranken, die an Gallenblasenentzündung leiden, charakteristische, bei den

einzelnen Erkrankungen immer wiederkehrende Kurvenformen der Magenbewegungen gibt. Bei den Magenkarzinomkurven stellten sie 4 Typen fest, die zum Teil Aufschluß über die Dauer der Erkrankung geben. Bei beginnendem Carcinoma ventriculi wurden bereits von den japanischen Untersuchern Krebskurven gewonnen. Auf Grund dessen behaupteten sie, daß ihre „gastrographische Methode zum Zwecke der Frühdiagnose von Magenkrebs die wichtigste Rolle spielt“ [29]). In der hier zugänglichen deutschen Literatur konnten bisher noch keine Bestätigungen dieser Forschungsergebnisse gefunden werden. Wenn diese gastrographische Methode einmal allgemeine Anerkennung finden sollte, wird sie zweifellos eine bedutende Rolle bei der Diagnostik der Magenerkrankungen, insbesondere zur Frühdiagnose des Magenkarzinoms, spielen. Die Untersuchungstechnik ist verhältnismäßig einfach und den Patienten nicht sehr unangenehm.

Außer den angeführten Experimenten zur Beobachtung und Darstellung der Magen-Darm-Bewegungen kann man diese auch am herausgenommenen Magen oder Darm, sowie an Teilen von ihnen studieren. Hofmeister und Schütz [40]) brachten den exstirpierten Magen von Tieren, meist Hunden, in ein Bad von physiologischer Kochsalzlösung, die 40° warm war, und führten durch die Duodenal- und Oesophagusöffnung je einen Registrierballon ein. Gleichzeitig registrierten sie häufig die Magenbewegungen von außen. Die gleichen Versuche machten Sick und Tedesko [41]), jedoch verwendeten sie Ringerlösung, in die Sauerstoff eingeleitet wurde.

Auch an resezierten Magenstreifen von Tieren, die sich in Tyrode- oder Ringerlösung befinden, erkennt man nach einiger Zeit Bewegungen; diese lassen sich in Kurvenform aufschreiben, indem man den Magenstreifen an einem Ende mit Häkchen befestigt und am anderen Ende ein weiteres Häkchen anbringt, das mit einer Registriervorrichtung in Verbindung steht (Sick und Tedesko [41])). Tezner und Turold [42]) nahmen zu Versuchen nach dieser Methode auch resezierte Magenstreifen operierter Menschen. Sie legten sie in Ringerlösung, in die Sauerstoff eingeleitet wurde. Wahrscheinlich infolge des Operationsschocks dauerte es eine halbe bis eine ganze Stunde, bis der Magen sich

soweit erholt hatte, daß er Bewegungen zeigte. Am deutlichsten konnte man Peristaltik in der Gegend des Antrum pylori erkennen. Wissenschaftlich sind diese Versuche ganz interessant, jedoch vermitteln sie nur eine unvollkommene Vorstellung von den Bewegungen des ganzen Organes. Das gleiche gilt von Versuchen mit Darmstreifen nach dieser Methode, bei denen oft auch Darmbewegungen, besonders des Dünndarms, zustande kommen.

Von den bisher angeführten Experimenten eignen sich ganz wenige zum Studium der Bewegungen innerer Organe in der Art, daß die Bewegungen der ganzen Organe gleichzeitig erfaßt werden können. Nur bei einigen Tierversuchen, so am freigelegten Herzen und bei der Bauchfenstermethode nach Katsch und Borchers, ist dies möglich, beim Menschen überhaupt nicht. Durch die bedeutende Entdeckung Röntgens am 8. November 1895 (Glasser[46]), Deycke und Albers-Schönberg[47]) und deren Ausarbeitung und Entwicklung ist man jetzt in der Lage, eine gute Anschauung der Bewegungen der meisten inneren Organe, vor allem auch beim Menschen, zu erhalten.

Gleich nach der Mitteilung Röntgens im Dezember 1895, daß man mit einer Kathodenröhre unsichtbare Strahlen erzeugen könne, die eine photographische Platte schwärzen oder einen Bariumplatincyanürschirm zum Aufleuchten bringen und dazu menschliche Glieder, wie die Hand, durchdringen, begannen Ärzte aus aller Welt die Experimente Röntgens zu wiederholen und ihre Anwendungsmöglichkeit in der Medizin zu erforschen (Glasser[46])). Diese Strahlen vermochten die Weichteile des menschlichen Körpers besser zu durchdringen als die Knochen. Kompakte Organe, wie das Herz, ergaben einen intensiveren Schatten als lufthaltige Organe, wie die Lunge oder der Magen und Darm. Allgemein gesagt, können nur solche Organe auf dem Leuchtschirm und dem Film oder der Platte sichtbar gemacht werden, die eine andere Dicke und Dichte als ihre Umgebung haben (Röntgen, zit. nach Groedel[71]). Durch Blei und einige andere Metalle gingen die Röntgenstrahlen nicht hindurch, jedoch durch Holz gut (Glasser[46])).

Daher begann man unmittelbar nach dem Bekanntwerden der Entdeckung Röntgens auf dem Leuchtschirm aus Barium-

platincyanür, damals auch „Fluoroskop" genannt, Organbewegungen zu studieren. Der Amerikaner Mac Kay beobachtete Bewegungen der Finger (Glasser[46]). Benedikt[72]) (1896) untersuchte bei gesunden und herzkranken Menschen die Form und Bewegungen des Herzens und der großen Gefäße. Immelmann[50]) (1898) beschreibt die Lungen- und Zwerchfellbewegungen nach Untersuchungen an einigen Gesunden und Schwindsüchtigen.

Die Konstruktion des damaligen Durchleuchtungsapparates oder Fluoroskops blieb im Prinzip bis heute bestehen (Guilleminot[52]); Groedel[71]). Vor einer Röntgenröhre (ursprünglich Kathodenröhre) befindet sich die zu untersuchende Person, davor der nach oben, unten und den Seiten bewegliche Leuchtschirm, dessen dem Untersucher zugewandte Seite durch röntgenstrahlenundurchlässiges Bleiglas geschützt wird. Zwischen Röntgenröhre und Patient befindet sich eine Blende aus Metall (Blei), um je nach Bedarf die Röntgenstrahlen einen größeren oder kleineren Bezirk des Körpers durchdringen zu lassen. An den alten Apparaten waren die Röhren feststehend angebracht, bei den späteren bewegen sie sich im gleichen Sinne wie der Leuchtschirm. Die Röntgenröhre soll möglichst zentral zum Objekt und Leuchtschirm eingestellt sein und einen Abstand von 50—60 cm vom Untersuchten haben; der Leuchtschirm wird möglichst nahe an den Patienten herangebracht.

Früher, bei den ersten Röntgenuntersuchungen, nahm man nur sagittale, entweder dorsoventrale oder ventrodorsale, Durchleuchtungen vor (Rieder[53])). Man beobachtete daher nur die Herz- und Lungen- bzw. Zwerchfellbewegungen in der Frontalebene. Bald jedoch ging man dazu über, den Thorax in verschiedenen schrägen Richtungen und von Seite zu Seite, also in der Frontalebene, zu durchleuchten. Die Thoraxdurchleuchtung wird gewöhnlich zuerst bei dorsoventralem Strahlengang, dann bei verschiedenen schrägen und schließlich u. U. noch bei ventrodorsalem vorgenommen (v. Criegern, Holzknecht, Rieder[53]), Groedel[71])). Auf diese Art können die Bewegungen der Thoraxorgane gut auf dem Leuchtschirm beobachtet werden. Auch besteht die Möglichkeit, in gleicher Weise Untersuchungen an Tieren auszuführen.

Beim Herzen sind nicht nur die Bewegungen des ganzen Organs interessant, sondern auch die Strömnugsverhältnisse des Blutes in den Herzhöhlen und die Bewegungen einzelner Muskelpartien. Zufälligerweise konnte Trendelenburg[73]) bereits 1902 am Röntgenschirm beobachten, wie ein Projektil im strömenden Blute eines menschlichen Herzens bewegt wurde, und „wie eine Pille in einer engen hin und her geschüttelten Pillenschachtel hin und her sprang" (Trendelenburg[73])). Durch diese Beobachtung veranlaßt, führte Riethus[74]) bei Hunden verschieden große Kugeln in die Vena jugularis ein. Mit dem Blutstrom kamen sie ins rechte Herz, von dort, wie auf dem Leuchtschirm zu erkennen war, teilweise unmittelbar in die Arteria pulmonalis, teilweise führten sie ebenfalls „springende" Bewegungen aus. Haecker[75]) vermochte bei einem Versuchstier durch die Ventrikelwand eine Kugel in die linke Herzkammer zu bringen und Revenstorf[76]) erzeugte künstlich eine Luftembolie. Bei diesen Experimenten wurden die Herzbewegungen und das Verhalten des Blutstroms und der Herzinnenräume am Leuchtschirm studiert. Steffens[66]) studierte bei einem Verwundeten des Krieges die Bewegungen des rechten hinteren Herzrandes, ein Teil, der der Wandung des rechten Vorhofes zugehörig ist. An dieser Stelle steckte ein kleiner Granatsplitter. Franck und Alwens[58]) spritzten bei Hunden eine dem spezifischen Gewicht des Blutes möglichst entsprechende Kontrastflüssigkeit, eine „Bismuthölmischung", in eine Vene und beobachteten die Bewegung dieses Kontrastmittels im rechten Herzen. Es kam hier zur „blitzartigen Strudelbildung". Ähnliche Experimente machte Forßmann[68]) bei Tieren und Selbstversuchen. Er verwandte zunächst eine 15—20prozentige Jodnatriumlösung; später fand er, wie außerdem auch Schmidt[68]), daß das Uroselektan dazu besonders geeignet ist, da es rasch durch die Nieren ausgeschieden und im Körper nicht verändert wird und keine chemischen Verbindungen eingeht. Die Kontrastflüssigkeit wurde durch eine „Herzsonde" ins Herz gegeben, die durch die äußere Drosselvene bei Tieren und durch die Vene an der Ellenbeuge und die Vena saphena bei den Selbstversuchen ins Herz eingelegt wurde. Bei den Tierversuchen gelang die Beobachtung der Kontrastflüssigkeit im Herzen, bei den Selbstversuchen waren die Kontraste zu gering.

Ähnlich wie beim Studium der Bewegungen der Thoraxorgane versuchte man unmittelbar nach Bekanntwerden der Entdeckung der Röntgenstrahlen, die Tätigkeit des Verdauungstraktus zu erforschen. Im Anfange des Jahres 1896 brachte Becher[77]) in den Magen und Darm eines gerade getöteten Meerschweinchens „liquor plumbi subacetici" und vermochte dadurch, daß diese Lösung für die Röntgenstrahlen kaum durchlässig ist, das Bild eines naturgetreuen Ausgusses des Magens und Darms zu gewinnen. Von einer Lösung zur Röntgen-Darstellung des Magen-Darms forderte Becher zwei Eigenschaften: „Man muß sie, ohne Schaden zu stiften, in den menschlichen Magen einbringen können, zugleich muß sie noch für Röntgen'sche Strahlen undurchlässig sein". Becher[77]) glaubte, den Magen möglicherweise durch Luftfüllung sichtbar zu machen. Sehrwald[78]) (1896) fand, daß die Halogene Chlor, Brom, Jod und ihre Verbindungen die Röntgenstrahlen stark absorbieren, und man sich diese Eigenschaften zum Darstellen von Hohlorganen zunutze machen könne. Zur gleichen Zeit versuchten andere Forscher (Wegele[62]), Strauß, Lindemann, Rosenfeld[79])), durch metallische Sonden eine Vorstellung von der Größe des Magens zu erhalten. Faulhaber[80]) fand, daß ein gewöhnlicher Magenschlauch aus Gummi einen ausreichenden Röntgenkontrast gibt. Rosenfeld[79]) füllte den Magen durch eine Schrotkörner enthaltende Magensonde mit Luft. Holzknecht (zit. bei Krause und Schilling[81])) gab kohlensäurebildende Substanzen zu schlucken und blähte so den Magen auf. Metzner[51]) verfolgte am Leuchtschirm die Fortbewegung eines zufällig verschluckten Markstückes durch den Digestionstraktus.

Alle diese Versuche hatten kein befriedigendes Ergebnis. Erst als von Strauß (1896) das Wismut angegeben war, das sowohl als Metall als auch als basisch salpetersaures Salz in Gelatinekapseln oder in Form von Tabletten und Pastillen gebraucht wurde, konnte Groedel (zit. bei Krause und Schilling[81])) mit Hilfe der Wismutkapseln den Schluckakt studieren. Kurze Zeit später untersuchten Roux und Balthazard[48]) nach ihrer Methode auch Cannon[49]) und Oscar-Kraus[54]), durch Eingeben einer Aufschwemmung von Bismutum subnitricum den Schluckakt und die Magendarmbewegungen bei Tieren, Fröschen, weißen Mäusen, Meerschweinchen und Katzen.

Während Albers-Schönberg[55]) 1903 noch schrieb: „Mit der Untersuchung der Thoraxorgane ist das Gebiet der internen Röntgenoskopie fast abgeschlossen", wurde durch systematische Untersuchung der bis dahin bekannten Stoffe durch Rieder[56]) im Jahre 1904 die „Kontrastmahlzeit" mit Bismutum subnitricum als gutes Kontrastmittel zur Beobachtung und Diagnostik des Digestionstraktus gefunden. Das Bismutum subnitricum ist fast strahlenundurchlässig und geht im Magen-Darm keine chemischen Verbindungen ein. Der Kontrastbrei wurde nach Rieders nostik des Digestionstraktus gefunden. Das Bismutum subnitricum in etwas Milch und Mischen dieser Aufschwemmung mit 300 bis 400 g Mehlbrei, dem wenig Milchzucker beigemischt war, hergestellt und per os oder als Klysma verabfolgt, je nachdem mehr der obere Digestionstraktus oder der Dickdarm beobachtet werden sollte. Seit ungefähr 1910 wird als Kontrastmittel gewöhnlich die von Krause und Kaestle empfohlene Aufschwemmung von Barium sulfuricum purissimum benutzt (Krause und Schilling[61]), Krause und Käding[64])). Es ist wirtschaftlicher und verträglicher als das Bismutum subnitricum (v. Redwitz[17])). Ferner ist es in den üblichen Lösungsmitteln, vor allem auch in Basen und Säuren, fast unlöslich und nicht zersetzlich, wohl etwas löslich in Schwefelsäure. Außerdem sind sehr kleine Mengen löslicher Bariumsalze für den Menschen unschädlich. Es darf aber nur das Barium sulfuricum purissimum verwendet werden, da das offizinelle Barium sulfuricum chemisch nicht ganz rein ist. Günther (zit. bei Krause und Schilling[61])) gab zu 150,0 Bariumsulfat 15,0 Mondamin, 15,0 Zucker, 20,0 Kakao und Wasser (auf 400,0 g) und kochte nach vorherigem Umrühren kurz auf. Man kann es auch mit Kartoffelbrei, Milchreis oder Milch, evtl. mit Semmeln geben.

Die Beobachtung der Bewegungen des Verdauungskanals am Leuchtschirm mit Hilfe des Kontrastbreies beginnt am besten mit der Untersuchung des Schluckaktes. Diese erfolgt möglichst im Stehen, wie auch die anschließende Magen-Darm-Untersuchung, und im schrägen Strahlengang, damit die Speiseröhre nicht durch Wirbelsäule und Aortenbogen überdeckt wird (Jollasse[59])). Dann sieht man, wie sich allmählich der Magen mit Brei füllt. Nachdem sich eine gewisse Breimenge im Magen angesammelt hat, erkennt man

deutlich, wie wellenförmige Bewegungen nach dem Pylorus zu gehen, die Peristaltik des Magens (Krause und Schilling[61]), Alban Köhler[67])). Nach kurzer Zeit tritt Brei durch den Pylorus in das Duodenum. Nach 1 bis 2 Stunden ist der Magen normalerweise vom Brei geleert, nach 3 Stunden erkennt man eine stärkere Dünndarmfüllung, nach ungefähr 1½ Stunden kommt der erste Brei ins Coecum und sammelt sich darauf allmählich im Dickdarm, den er in den nächsten 10 Stunden passiert. In der Ampulle des Rectum soll er sich nach längstens 24 Stunden befinden (Köhler[67])). Bei der Darmuntersuchung erkennt man peristaltische und Pendelbewegungen des Dünn- und Dickdarms und Antiperistaltik des Dickdarms (Roux und Balthazard[48]), Cannon[49]), Oscar-Kraus[54]), Rieder[56]), [60]), Schwarz, v. Bergmann, Stierlin, Assmann[65])). Außerdem kann man sich über die Beweglichkeit dieser Organe in Beziehung zueinander zu der Bauchwand und den Bauchorganen bei der Respiration, beim Pressen, bei Lagewechsel, bei Baucheinziehen und bei Palpieren orientieren (Krause und Schilling[61])).

Die Röntgendurchleuchtung zur Beobachtung der Bewegungen des Verdauungskanals nach Gabe des Kontrastbreies per os oder als Klysma wurde oft im Tierversuch ausgeführt. Sie eignet sich auch zum Studium der Einwirkung von Pharmaka auf den Magen-Darmkanal. Beim Menschen ist sie eine der wichtigsten Untersuchungsmethoden zur Erkennung der Erkrankungen des Digestionstraktus.

Fischer[63]) und Sandera[70]) geben eine kombinierte Kontrastdarstellung mit Kontrastbrei und Luft an, Fischer für den Dickdarm, Sandera für den Magen. Sie gaben zuerst den Brei ein und danach die Luft und erhielten bei der Untersuchung schöne plastische Bilder der Organe.

Bei der Durchleuchtung des Digestionstraktus mit Kontrastbrei wird häufig eine bestimmte Bewegungsphase, besonders beim Anfangsteil des Duodenums, durch rasches Austauschen des Leuchtschirmes mit einer Filmkassete oder durch schnelles Schieben einer solchen hinter den Schirm auf einer oder meist mehreren sogenannten gezielten Aufnahmen festgehalten. Wenn man diese Röntgenbilder unter Berücksichtigung der gleichzeitig stattgefundenen Durchleuchtung betrachtet, ist es möglich, sich eine gute Vorstellung

der Organbewegung zu machen, besonders auch einzelner Abschnitte, die man auf den Aufnahmen eingehend studieren und miteinander vergleichen kann.

Ein anderes wissenschaftlich sehr interessantes und praktisch wertvolles Verfahren, die Bewegungen der inneren Organe mit Hilfe der Röntgenstrahlen zu registrieren, wurde 1912 von Gött und Rosenthal[57]) angegeben. Das Prinzip ist folgendes: Ein Bleischirm mit einem horizontalen, 3 mm breiten Schlitz wird dicht vor dem Untersuchten so angebracht, daß sich dieser in Höhe der Brustwarze befindet. Vor dem Bleischirm wird ein Röntgenfilm oder eine -platte in senkrechter Richtung bewegt, während eine hinter dem Untersuchten befindliche Röntgenröhre den Herzschatten durch den Schlitz auf den sich bewegenden Film projiziert. Dadurch werden die Bewegungen der Abschnitte des Herzrandes, die sich dem Schlitz gegenüber befinden, in Kurvenform auf dem Film registriert. Gött und Rosenthal nannten dieses Verfahren „Röntgenkymographie". Statt des einen Spaltes lassen sich auch mehrere anbringen und sich so gleichzeitig mehrere Abschnitte des Herzens registrieren. Dabei darf die Platte nur um den Abstand der Spalte bewegt werden. Auch die Bewegungen anderer Organe, wie des Zwerchfells, der Speiseröhre und des Magens, letztere in Verbindung mit Kontrastbrei, lassen sich in gleicher Weise registrieren. Ferner ist es möglich, den Schlitz nicht nur horizontal, sondern auch in anderen Ebenen einzustellen. Sich nicht bewegende, schattengebende Körperteile, z. B. die Rippen oder das Brustbein, verursachen gerade Linien, sich bewegende oder mitbewegende Organe, wie das Herz oder benachbarte Bronchien, Gefäße und Drüsen Wellenlinien auf der Platte.

Unabhängig von Gött und Rosenthal fand Sabat[95]) ein Verfahren nach dem gleichen Prinzip. Modifiziert wurde es von Hitzenberger und Reich[81]), die die Schlitze in verschiedenen Richtungen anbrachten, und von Cignolini[82]), der kurze, parallele Spalte in verschiedener Höhe anordnete.

Stumpf[82]) baute das Verfahren von Gött und Rosenthal aus und änderte die Apparatur grundlegend um, indem er statt eins 3 mm breiten Schlitzes an einer 24×30 cm großen Bleiplatte alle 12 mm einen 0,5 mm breiten Spalt anbrachte und so aus

der Bleiplatte mit einem Schlitz einen Bleiraster machte. Das Bestreben Stumpfs war bei dieser Anordnung, daß er die Bewegung des ganzen Organes erfaßte. Der Raster wird zwischen Patient und Filmkassette angebracht. Während der Belichtung durch die Röntgenröhre wird der Film um die Strecke zwischen zwei Schlitzen senkrecht zu diesen, also um 12 mm, bewegt. Auf diese Weise wird die Organbewegung an vielen Punkten dem Abstande der Schlitze entsprechend in Kurvenform registriert. Statt der Filmkassette kann auch der Bleiraster bei der Aufnahme bewegt werden. Hierbei werden die Organbewegungen in ähnlicher Art dargestellt, jedoch bilden sich die unbeweglichen Teile in gleicher Weise wie bei der gewöhnlichen Röntgenaufnahme auf dem Film ab. Diesen Prinzipien entsprechend konstruierte Stumpf einen Röntgenkymographen, bei dem durch einfaches Umschalten wahlweise die Filmkassette oder der Bleiraster während der Exposition bewegt werden kann. Zum Antrieb der Kassetten- bzw. Rasterbewegung dient bei den besseren Apparaten ein Elektromotor; an diesen Apparaten lassen sich Kassette mit Raster drehen, so daß Aufnahmen auch bei anderen Schlitzrichtungen als der horizontalen gemacht werden können. Bei der einfacheren Konstruktion erfolgt die Bewegung der Kassette bzw. des Rasters durch die Schwerkraft. Die Filme werden nach der Belichtung in der üblichen Weise bearbeitet und dann direkt oder durch ein rotierendes Würfelprisma betrachtet; auf diese Art werden dem Beschauer die ursprünglichen Bewegungen auf dem Röntgenbild reproduziert. Der Apparat, der das rotierende Würfelprisma trägt, wird „Kymoskop" genannt.

Die Röntgenkymographie wird besonders zur Diagnostik der Herzkrankheiten herangezogen. Stumpf selbst untersuchte mit seiner Methode die Bewegungen des Herzens bei gesunden und herzkranken Menschen, die der Aorta, der Lungen, des Zwerchfells und Magens. Nach ihm führten ferner Wilke[89]), Schilling[85]), Zdansky und Ellinger[90]), Holst, Klioner, Koppelmann und Speranskij[91]), Klioner und Ivanov[92]) und Nolte[86]) kymographische Untersuchungen des Herzens, Friedberg[87]), Richter[93]), Schick und Grünberg[88]) Untersuchungen der Lungen und des Zwerchfells, Schilling[84]) des Magens, Sorkin[86]) des Duodenums und Dahm[94]) des Oesophagus

aus. Es gelang F. Groedel[71]) gemeinsam mit Th. Groedel die Herz-Röntgenkymographie mit der Elektrokardiographie zu kombinieren.

Die Röntgenkymographie ist wissenschaftlich von sehr großer Bedeutung, da man durch die Aufzeichnung der Organbewegungen in Kurven diese genau analysieren und ausmessen kann. Neuerdings bedient man sich häufig in Krankenanstalten dieses Verfahrens zur Erkennung der Krankheiten, besonders, wie schon erwähnt, der Erkrankungen des Herzens.

In der Wissenschaft hat man sich schon sehr lange die Kinematographie zunutze gemacht. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, Bewegungsvorgänge, wie z. B. das Gehen, Laufen, Springen beliebig oft zu wiederholen und sie einer Versammlung zu Lehrzwecken vorzuführen. Zur einwandfreien Wiedergabe der Bewegungsvorgänge müssen 16—18 Bilder in der Sekunde aufgenommen bzw. projiziert werden. Macht man jedoch von einem rasch ablaufenden Vorgang statt 16—18 Aufnahmen 100 in einer Sekunde und gibt diesen Film nachher so wieder, daß nur 16—18 Bilder in der Sekunde projiziert werden, so wird der ursprüngliche Vorgang wesentlich langsamer dargestellt und die schnell ablaufende, dem Auge nur einen flüchtigen Eindruck hinterlassende Bewegung wird so in allen ihren Phasen, die normalerweise wegen der Schnelligkeit der Bewegung nicht wahrgenommen werden, deutlich sichtbar gemacht. Dieses Verfahren der Zeitlupe ist wohl allgemein bekannt. Der Zeitraffer verfolgt den gegenteiligen Zweck. Bei ganz langsamen Bewegungen macht man z. B. nur jede Sekunde eine Aufnahme und projiziert den Film in der gewöhnlichen Bildfolge von 16—18 Bildern in der Sekunde. Dadurch wird eine durch ihren langsamen Ablauf schlecht zu beobachtende Bewegung verständlicher gemacht.

Nach dem Bekanntwerden des Röntgenverfahrens versuchte man nun, Bewegungsvorgänge innerer Organe mit Hilfe der Röntgenstrahlen und der Kinematographie wiederzugeben. Der Schotte Mac Intyre[67]) (1896) war einer der ersten, der derartige Versuche anstellte. Er benutzte zweierlei Methoden:

1. Photographieren des auf den Leuchtschirm geworfenen Bildes mittels Kinematographen bzw. photographischen Apparates.

2. Bewegen eines Filmes in einem röntgenstrahlenundurchlässigen Bleikasten, der eine Öffnung zur Belichtung des Filmes besitzt. Die erste Art nennt man das indirekte und die zweite das direkte Verfahren der Röntgenkinematographie. Da wegen der geringen Leuchtkraft des Röntgenschirmes und der damaligen lichtschwachen Optik eine genügend kurze Belichtungszeit nicht erreicht wurde, war es Mac Intyre nicht möglich, Aufnahmen nach dem ersten Verfahren zu machen. Zur Anwendung des zweiten war die Strahlenintensität der Röhre zu gering, um genügend kurz zu belichten, und die Transportzeiten für den Film zu lang. Mac Intyre stellte einen 40 Fuß langen Film von den Bewegungen des Gelenks eines anaesthesierten Froschschenkels her, der in verschiedenen Stellungen aufgenommen wurde, und führte ihn 1896 in Glasgow vor. Es war aber keine eigentliche Röntgenkinematographie, sondern lediglich ein Aneinanderreihen von Einzelbildern verschiedner Stellungen eines Froschschenkelgelenkes.

Da sich die Idee Mac Intyres noch nicht in die Tat umsetzen ließ, versuchte man, durch Serienaufnahmen, die möglichst schnell hintereinander gemacht wurden, Bewegungsvorgänge darzustellen. Das Prinzip der Serienapparate besteht darin, daß man Kassetten, die einen Film oder eine Platte enthalten, aus einem röntgenstrahlengesicherten Magazin möglichst rasch herausgleiten läßt, sie für die kurze Belichtungszeit wie bei einer einfachen Röntgenaufnahme vor dem Objekt fixiert und sie dann in einen strahlensicheren Kasten fallen läßt. Oder ein Filmstreifen wird in einem strahlensicheren Kasten durch eine Öffnung genügend belichtet, dann weitertransportiert. Nach dieser Methode machten Roux und Balthazard[48]), Cannon[49]), Kaestle[98]), Rieder, Rosenthal, Haenich, Grunmach, Dessauer, Küpferle, Groedel[71]), Porscher[100]) u. a. Untersuchungen. Von langsam ablaufenden Bewegungen, z. B. des Magens, kann man sich auf diese Art eine ganz gute Vorstellung machen. Roux und Balthazard (1897—98) machten bei Magenuntersuchungen alle 10 Sekunden eine Aufnahme auf einen Filmstreifen. Kaestle, Rieder und Rosenthal machten 1909 mit einem Serienapparat jede Sekunde eine Aufnahme, Groedel[71]) im gleichen Jahre 4 bis 6. Haenisch (1911) und Grunmach (1912) brachten mit

ihrem Serienapparat 8 Aufnahmen in der Sekunde zustande, allerdings enthielt der Apparat Haenischs nur 10 Kassetten.

Erst 1913 gelang es Groedel[71]), einen Apparat zur direkten Röntgenkinematographie zu konstruieren. Hinter einem 18×24 cm großen Belichtungsfenster in einer strahlensicheren Vorderwand wird ein 26 cm breiter und 5 m langer Filmstreifen so bewegt, daß er beim Stillstand hinter dem Belichtungsfenster durch Einschalten der Röntgenröhre mittels automatischen Schalters oder bei ständig eingeschalteter Röntgenröhre durch eine rotierende Bleiblende, die mit zwei Schlitzen zur Belichtung versehen ist, exponiert wird. Schon 1914 gelang es Groedel, mit diesem Apparat 15, später 16 Aufnahmen in der Sekunde, u. a. vom menschlichen Herzen, zu erzielen. Über diesen Apparat schreibt Groedel[71]) 1929 selbst. „Zehn bis sechzehn Bildwechsel sind jetzt ohne Gefahr für die Intaktheit des Apparates möglich." Ferner konnte bei einer Filmlänge von 5 m und Aufnahme von 16 Bildern in der Sekunde nur in einem Zeitraum von 1,7 Sekunden aufgenommen werden. Abzüge solcher Filme sind bisher leider nicht veröffentlicht worden.

Einen sehr brauchbaren Aufnahmeapparat für direkte Röntgenkinematographie, der wegen der Kleinheit seines Formates jedoch nur für Tierversuche in Frage kommt, konstruierte Janker[100]) (1931 veröffentlicht). Bei diesem wird der Film intermittierend so fortbewegt, daß er für die Zeit der Belichtung stille steht. Um eine ausreichende Belichtungszeit zu erzielen, ist es notwendig, daß das Weitergleiten des Filmes zwischen dem Exponieren sehr schnell vor sich geht. Das alles muß in der Sekunde 16 mal erfolgen und ist technisch natürlich ziemlich schwierig. Da Verstärkungsfolien, deren man sich besonders bei dicken Patienten zur Erzielung einer kürzeren Belichtungszeit bedient, nachleuchten, besteht die Gefahr, daß bei schnellem Bildwechsel dadurch eine Doppelbelichtung vorkommt. Deshalb brachte Janker vor und hinter dem Film je eine endlose Folie (über je zwei Rollen laufend) an, die sich in gleicher Geschwindigkeit wie der Film mitbewegt. So kann die Eigenschaft des Nachleuchtens der Folien noch verkürzend auf die Belichtungszeit wirken. Auch ist es vorteilhaft, während der Aufnahmen ständig die Vorgänge mitzubeobachten, damit man den Filmablauf zu gegebener Zeit beginnen und zwischendurch bei

weniger beachtenswerten Vorgängen unterbrechen und wieder rechtzeitig fortsetzen kann. Vorteilhaft ist eine Zeitmarkierung am Film; J a n k e r gibt eine Vorrichtung hierfür an, bei der nach jeder Sekunde für einen kurzen Moment eine Bleikugel in eine Ecke projiziert wird. Da die Röntgenröhren nur kurze Zeit in Betrieb sein können, konstruierte er ein Stativ, auf dem in Kreuzform vier Röntgenröhren montiert sind. Diese Röhren werden durch einen Fußhebel von Zeit zu Zeit um 90° gedreht und diejenige, die in Betrieb gesetzt werden soll, durch Schleifkontakte angeschaltet. Da während des Bildwechsels eine Belichtung nicht stattfinden darf, muß entweder die Röhre in diesem Augenblick ausgeschaltet oder eine Blende am besten zwischen der Röhre und dem Objekt, zumindest jedoch vor dem Film angebracht werden. Als solche Blende wird eine kreisförmige, für Röntgenstrahlen undurchlässige Bleischeibe genommen, die für die Belichtung einen Spalt aufweist und so rotiert, daß die Röntgenstrahlen im Moment des Filmstillstandes zur Belichtung durch diesen Spalt fallen. Wenn man die Blende zwischen Röhre und Objekt anbringt, kann man längere Zeit röntgenkinematographische Aufnahmen machen, weil das Objekt weniger Röntgenstrahlen erhält. Bei der Anordnung der Blende zwischen Objekt und Film findet dagegen während der ganzen Aufnahmezeit eine dauernde Strahleneinwirkung statt. Diese Überdosierung spielt natürlich bei Tieren nur eine geringe Rolle, da man sie bei zu großen Schädigungen töten würde.

Entsprechend diesen Ausführungen konstruierte J a n k e r einen Apparat für Normalkinofilm, bei dem der Film jedoch um die doppelte Formatlänge transportiert wurde, also um 36 statt um 18 mm, und behielt so eine Bildgröße von 24×36 mm statt 18×24 mm. Die Blende wurde vor dem Film, also zwischen Objekt und Film, angebracht. Zur intermittierenden Fortbewegung des Films wurde ein Malteserkreuz benutzt. Die Vorderwand des durch einen 80×25×25 cm großen Holzkasten umgebenen Apparates ist bleigeschützt. Der Beobachter steht, geschützt durch seitlich am Apparat angebrachte, bleibeschlagene Sperrholzplatten, hinter dem Apparat. Für ihn ist ein Beobachtungsrohr mit einem durch Bleiglas geschützten Leuchtschirm angebracht, der sich gleich hinter dem Film gegenüber der Belichtungsöffnung befindet. Der Antrieb erfolgt mit der Hand oder durch einen Elektromotor.

Der gleiche Apparat bietet auch die Möglichkeit zur Projektion der mit ihm aufgenommenen Filme. Das Beobachtungsrohr mit dem Leuchtschirm wird entfernt, eine Lichtquelle mit Sammellinsen an der Apparatrückwand und eine Optik an der Vorderseite angebracht. Der entwickelte und fixierte Film kann ohne weiteres wiedergegeben werden, auch Diapositivfilme können hergestellt und dabei jedes Bildchen des Negativs zwei- oder viermal kopiert werden. Dann wird der Diapositivfilm doppelt oder vierfach so lang, aber das lästige Flimmern bei der Wiedergabe wird vermieden. Ferner besteht die Möglichkeit, das Negativformat von 24×36 mm auf 18×24 mm zu verkleinern und eventuell dabei auch jedesmal zwei- oder viermal zu kopieren.

Mit diesem Apparat machte Janker an kleinen Tieren, z. B. Meerschweinchen, experimentelle Untersuchungen des Magen-Darmtraktus.

Ebenso wie bei der direkten Röntgenkinematographie haben die Versuche der indirekten zu Anfang der Entwicklung zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. 1909 versuchten Biesalski und Kohler vergeblich, den Leuchtschirm zu kinematographieren. (Groedel[71]). Erst in den letzten 6—8 Jahren gelang es Gottheiner und Jakobson (Groedel[71]), und gleichzeitig und unabhängig von diesen Janker[100]), brauchbare und gute Resultate zu erzielen. Gottheiner und Jakobson hatten beim Menschen nur ganz kurze Phasen kinematographiert und erweckten beim Vorführen des Films dadurch den Eindruck eines länger dauernden Vorganges, daß sie nach mehrfachem Kopieren diese Kopien hintereinanderklebten (Groedel[71]). Janker dagegen stellte anfangs nur bei Tieren „aus Gründen der Strahlengefährlichkeit" längere Filme her (Groedel[71]).

So vermochte eigentlich doch erst Janker[100]), das Problem der indirekten Röntgenkinematographie zu lösen. Während die ersten Kinematographen mit einer Blende versehen waren, die die Lichteinwirkung des Durchleuchtungsschirmes im Moment des Filmtransportes aufhob, konstruierte er einen Aufnahmeapparat, der eine so kurze Transportzeit des Filmes aufwies, daß eine Blende überflüssig wurde. Hierdurch wurde weiterhin eine Verlängerung der Zeit des Filmstillstandes zur Belichtung erzielt. Außer-

dem wurden dank des Entgegenkommens verschiedener Firmen sehr lichtstarke Objektive beschafft. Während man anfänglich eine Optik mit einer Lichtstärke von höchstens 1:1,4 verwenden mußte, wurden solche mit einer Öffnung von 1:1,0 und 1:0,99, zuletzt von 1:0,85 benutzt. Auch die Konstruktion einer Spezialröntgenröhre mit sehr hoher Betriebsspannung (150 000 Volt) trug dazu bei, bessere Ergebnisse zu erhalten. Schließlich gelang es den Bemühungen der Firmen, eine besonders auf die Fluoreszenz der Verstärkungsschirme abgestimmte Emulsion für den Film herzustellen (v. Redwitz[17])). Bereits 1931 war eine Aufnahmedauer bis zu 30 Minuten sowie 48 Aufnahmen in der Sekunde möglich (Janker[102])). Bei Ausnutzung aller vorteilhaften Möglichkeiten konnten so kurze Belichtungszeiten erreicht werden, daß jetzt röntgenkinomatographische Zeitlupenaufnahmen mit 100 Bildern in der Sekunde gemacht wurden.

Janker baute vor mehreren Jahren unter Berücksichtigung aller dieser Erwägungen einen röntgenkinomatographischen Aufnahmeapparat (nach der indirekten Methode) für Tierversuche und später auch einen für Aufnahmen am Menschen. Das Schema der Konstruktion entspricht den Gedankengängen Mac Intyres über die indirekte Röntgenkinematographie. Zwischen Röntgenröhre und Leuchtschirm befindet sich das Objekt (Versuchstier oder Mensch), hinter dem Leuchtschirm der Kinematograph, der die auf den Leuchtschirm projizierten Bewegungen aufnimmt. Bei den röntgenkinematographischen Aufnahmen des Menschen muß beachtet werden, daß man Röntgenschädigungen vermeidet.

Es wurden Filme von den Bewegungen der Thoraxorgane, des Verdauungstrakturs, des Schluckaktes u. a. hergestellt. Auch gleichzeitige röntgenkinematographische und Tonaufnahmen, also die Herstellung eines Tonfilmes, vom Herzen und Kohlkopf gelangen. Ferner wurde bei gemeinsamen Versuchen von Janker, Jacobi und Schmitz[66]) gleichzeitig die Röntgenkinematographie und Elektrokardiographie angewandt; die gleiche Versuchsanordnung, jedoch mit einem „direkten" Röntgenkinematographen erwähnten Theo und Franz Groedel[71]). Naegeli und Janker[101]) [103]) machten Kreislaufstudien und fertigten Filme an, die über die Bewegungen der Emboli in den Blutgefäßen und im Herzen

Aufschluß geben. Auch die Einwirkung von Pharmaka auf die Magen-Darmbewegungen konnte Janker[100]) auf einem Film demonstrieren.

Die Röntgenkinematographie ist durch ihre Vervollkommnung die beste Methode zur Beobachtung der Bewegungen innerer Organe. Mit ihr können fast alle sich bewegenden inneren Organe des Menschen und des Tieres dargestellt werden. Eine Filmvorführung kann öfters wiederholt werden, und jeder weiß, daß man beim mehrmaligen Sehen des gleichen Filmes viel mehr wahrnimmt als beim einmaligen Betrachten. Außerdem lassen sich Filme vielen Personen gleichzeitig vor Augen führen und sie sind ein vortreffliches Demonstrationsmittel.

Zum Schlusse danke ich Herrn Professor Dr. Janker für die freundliche Überlassung des Themas, die Anregungen und Übernahme des Referates, Herrn Professor Dr. Freiherrn von Redwitz für die Übernahme des Korreferates.

---

1. Mangold, in: Abderhalden, Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 4, H. 3.
2. Heinricius: Zt. f. Biol., Bd. 26, J. 1890.
3. Winterstein, in: Abderhalden, Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 4, H. 4.
4. Langendorff, in: Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 61, J. 1895.
5. Denecke: M.M.W. 1905, Nr. 9.
6. Straub, in: Abderhalden, Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. V, Teil 4. H. 4.
7. Frank: zit. nach Straub 6).
8. Landois: zit. nach Straub 6).
9. Einthoven, Bergansius u. Bijtel, in: Pflügers Archiv, Bd. 164, J. 1916.
10. Samojloff, in: Pflügers Archiv, Bd. 135, J. 1910.
11. Weber: Die Elektrokardiographie. Berlin 1926.
12. Boruttau, in: Abderhalden, Abt. V, Teil 4, H. 4.
13. Rosemann: Landois' Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Berlin 1929.
14. Gad, in: Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt., J. 1879 u. 1880.
15. Rohrer, in: Abderhalden, Abt. V, Teil 4, H. 9 (Schluß).
16. Görlitz: Hüter des Lebens. Hamburg 1935.
17. v. Redwitz: Die Darstellung von Bewegungen im Körper durch die Röntgenkinematographie. Nach einem Vortrag, gehalten in der Hauptvers. d. Ges. von Freunden u. Förderern der Rhein. Friedrich Wilhelms-Universität zu Bonn und der Landwirtschaftl. Hochschule zu Bonn-Poppelsdorf e. V. am 5. November 1932. Bonn 1932.
18. Auer: Zbl. f. Physiologie, Bd. 21, J. 1907.
19. Pal: Arb. a. d. Inst. f. allgem. u. exper. Pathol., Wien 1890. Zitiert nach Rosemann 13).
20. Katsch, in: Abderhalten, Abt. IV, Teil 6, 1. Hälfte, H. 3.
21. Reaumur u. Spallanzani: Zit. nach Mangolf u. Schilf in: Abderhalden, Abt. IV, Teil 6, 1. Hälfte, H. 3.
22. van Braam-Houckgeest, in: Pflügers Archiv, Bd. 6, J. 1872.
23. Jakobij, in: Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol., Bd. 27, J. 1890.
25. v. Cyon: Methodik der physiolog. Experimente und Vivisektionen, Gießen 1876. Zitiert nach Katsch 20).
26. Katsch u. Borchers: Zt. f. exper. Pathol. u. Therap., Bd. 12, J. 1913.
27. Borchers: Beiträge zur klin. Chirurgie, Bd. 122, J. 1921.

28. Henderson: Proc. soc. of exper. biol. and med., Bd. 6, J. 1909. Zitiert nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, Abt. IV, Teil 6, 1. Hälfte, H. 3.
29. Onodera, Kanegae, Matufuzi u. Hasi: Zt. f. klin. Med., Bd. 118, J. 1931.
30. v. Openchowski, in: Arch. f. Anat. u. Ppysiol., physiol. Abt., J. 1889.
31. Dobbert, Beitrag zur Innervation des Pylorus. Dorpat 1886. Zitiert nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, Abt. IV, Teil 6, 1. Hälfte, H. 3.
32. Ducceschi, in: Arch. per le science med., Bd. 21, J. 1897. Zitiert nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, wie vor.
33. Boldireff: Zbl. f. Physiol., Bd. 18, J. 1904.
34. Kirschner u. Mangold: Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir., Bd.23, J. 1911. — M.M.W., J. 1911, Nr. 3.
35. Page May: Journ. of Pysiol., Bd. 31, J. 1904. Zitiert nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, wie 31.
36. Elliot: Journ. of Physiol., Bd. 32, J. 1905. Zit. nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, wie vor.
37. Moritz: Zt. f. Biol., Bd. 32, J. 1895.
38. v. Pfungen: Zbl. f. Physiol., Bd. 1, J. 1887.
39. Carlson: Amer. Journ. of Physiol., Bd. 31, J. 1912; Bd. 32, J. 1914. Zitiert nach Mangold u. Schilf in: Abderhalden, wie 31.
40. Hofmeister u. Schütz: Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak., Bd. 20, J. 1886.
41. Sick u. Tedesko: Arch. f. klin. Med., Bd. 92, J. 1908.
42. Tezner u. Turold: Zt. f. d. ges. exper. Med, Bd. 12, J. 1921.
43. Danielopolu: Die viscerographische Methode. Berlin 1930.
44. Magnus: In Pflügers Archiv Bd. 102, J. 1904; Bd. 103, J. 1904; Bd. 108, J. 1905; Bd. 111, J. 1906.
45. Mangold u. Schilf, in: Abderhalden, Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. IV, Teil 6, 1. Hälfte, H. 3.
46. Glasser: Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. Berlin 1931.
47. Deyckeu. Albers-Schönberg: Fortschr. Röntgenstr. Bd. 1, J. 1897/98.
48. Roux u. Balthazard: Comptes rendus de l'acad. des sciences, J. 1897. — Archives Physiology (5) Bd. 10, J. 1898. Zit. nach Rosemann 13), Oscar-Kraus (Fortschr. Röntgenstr., Bd. 6, J. 1902/03) und Groedels Lehrbuch und Atlas d. Röntgendiagnostik, München 1934.
49. Cannon: Amer. Journ. of Physiol., Bd. 6, 1902; Bd. 12, 1904; Bd. 23, 1909; Bd. 30, 1912. Zit. nach Rosemann 13).

50. Immelmann: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 2, J. 1898/99.
51. Metzner: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 2, J. 1898/99.
52. Guilleminot: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 5, J. 1901/02.
53. Rieder: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 6, J. 1902/03.
54. Oscar-Kraus: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 6, J. 1902/03.
55. Albers-Schönberg: Die Röntgentechnik. Hamburg 1903.
56. Rieder: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 8, J. 1904/5.
57. Gött u. Rosenthal: M.M.W., J. 1912, Nr. 38.
58. Franck u. Alwens: M.M.W., J. 1910, Nr. 18.
59. Jollasse: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 16, J. 1910/11.
60. Rieder: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 18, J. 1911/12, Bd. 35, J. 1926.
61. Krause u. Schilling: Fortschr. Röntgenstr. Bd. 20, J. 1913/14.
62. Wegele: zit. nach Glasser 46).
63. Fischer: Klin. Wschr., J. 1923, Nr. 34.
64. Krause u. Käding: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 31, J. 1923/24.
65. Assmann: Die klinische Röntgendiagnostik der inneren Erkrankungen. Leipzig 1924.
66. Steffens: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 35, J. 1927.
67. Köhler, Alban: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde. Leipzig 1928.
68. Schmidt: Der Chirurg, Bd. 2, 1930.
69. Forßmann: M.M.W., J. 1931, Nr. 12.
70. Sandera: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 45, J. 1932.
71. Groedel's Lehrbuch u. Atlas d. Röntgendiagnostik d. inn. Med. u. ihren Grenzgeb. Hrsg. von Dr. H. Lossen, München 1934.
— Fortschr. Röntgenstr., Bd. 39, J. 1929.
72. Benedikt: M.M.W., Bd. 22, J. 1896.
73. Trendelenburg: Zit. nach Franck u. Alwens 58).
74. Riethus: Dt. Ztschr. f. Chir., Bd. 67.
75. Haecker: Arch. f. klin. Chir., Bd. 84.
76. Reventstorf: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 12, J. 1908/09.
77. Becher: D.M.W., Bd. 22, J. 1896.
78. Sehrwald: D.M.W., Bd. 22, J. 1896.
79. Rosenfeld: D.M. Presse, Bd. 8, J. 1905.
80. Faulhaber: Arch. f. physikal. Med. u. med. Techn., Bd. 3, J. 1908.
81. Hitzenberger u. Reich: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 31, J. 1923/24.
82. Cignolini: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 49, J. 1934.
83. Stumpf: Das röntgenographische Bewegungsbild u. seine Anwendung (Flächenkymographie u. Kymoskopie). Leipzig 1931.
— Fortschr. Röntgenstr., Bd. 49 u. 50, 1934.

84. Schilling: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 50, J. 1934.
85. Schilling: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 47, J. 1933.
86. Sorkin: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 51, J. 1935.
87. Friedberg: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 48, J. 1933.
88. Schick u. Grünberg: Fortschr. Röntgenstr. 49, J. 1934.
89. Wilke: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 46, J. 1932.
90. Zdansky u. Elinger: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 47, J. 1933, Bd. 49, J. 1934.
91. Holst, Klioner, Koppelmann u. Speranskij: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 51, J. 1935.
92. Klioner u. Ivanov: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 51. J. 1935.
93. Richter: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 51, J. 1935.
94. Dahm: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 43, J. 1931.
95. Sabat: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 30, J. 1913/14.
96. Nolte: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 50, J. 1934.
97. Mac Intyre: Arch. clin. Skiagraphy, Bd. 1, J. 1896, Nr. 7. Zit. nach Glasser 46).
98. Kaestle: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 26, J. 1918/19.
99. Jacobi, Janker u. Schmitz: Arch. f. klin. Med., Bd. 172, J. 1932.
100. Janker: Fortschr. Röntgenstr., Bd. 44, J. 1931. D.M.W., J. 1932, Nr. 28. Dt. Zt. f. Chir., Bd. 240, J. 1933.
101. Naegeli u. Janker: Dt. Zt. f. Chir., Bd. 232, J. 1931; Bd. 235, J. 1932.
102. Janker: Dt. Zt. f. Chir., Bd. 232, J. 1931.
103. Naegeli: Arch. f. klin. Chir., Bd. 162, J. 1930.

Lebenslauf.

Am 23. Januar 1908 wurde ich, Wilhelm Scherer, als Sohn des Katasterdirektors Bernhard Scherer und seiner Ehefrau Emma geb. Scharer geboren. Nach Besuch der Volksschule in Sinzig und des Gymnasiums in Andernach erhielt ich im Frühjahr 1927 das Reifezeugnis. Dann studierte ich an den Universitäten Gießen, Rostock, Köln und Bonn Medizin, bestand im August 1930 in Rostock das Physikum und im Januar 1934 in Bonn das medizinische Staatsexamen. Die ersten 4 Monate der Medizinalpraktikantenzeit verbrachte ich an der Medizinischen Klinik und die letzten 8 Monate an der Chirurgischen Universitätsklinik Bonn. An dieser Klinik bin ich seit der Approbation als Arzt am 25. Februar 1935 als Volontär tätig.